المجلة الدولية للهندسة وتقنية المعلومات
journal homepage:www.ijeit.misuratau.edu.ly

تصنيف عناصر المخزون باستخدام التحليل متعدد المعايير

خالد حسن المنتصر
الأكاديمية الليبية، مصراتة، ليبيا
قسم إدارة المشاريع الهندسية
khalid.almontaser@eng.lam.edu.ly

علي قاسم شتوان
كلية الهندسة، جامعة مصراتة، ليبيا
قسم الهندسة الصناعية والتصنيع
ali.shetwan@eng.misuratau.edu.ly

الملخص— **نظرا لضخامة حجم الأموال المستثمرة في المخزون وتعدد أصنافه وأنواعه، الأمر الذي يؤدي إلى تكدسه بالأشهر والسنوات، مما يترتب عليه ارتفاع في تكاليف الاحتفاظ، ومصاريف التأمين، والتقادم. لذا من الضروري أن يحظى المخزون برقابة مستمرة لتجنب تكدسه أو نفاده، وذلك بتحديد درجة الرقابة وطبيعة الطلب عليه. تهدف هذه الدراسة إلى تصنيف عناصر المخزون بشركة البريقة لتسويق النفط باستخدام التحليل متعدد المعايير لتحديد أهم العناصر التي يجب أن تعطي أولوية في الشراء والتخزين. أُستخدِم أسلوب AHP لتحديد الأوزان لخمسة معايير رئيسية شملت: السعر، وعدد أوامر الشراء، والطلب السنوي، ومعدل الاستخدام السنوي، وأهمية القطعة. من خلال المقارنات الثنائية، ومن ثم استخدمت كمدخلات لطرق WSM وTOPSIS وVIKOR بمساعدة برنامج الماتلاب. بعد ذلك تم بناء النماذج لكل من طرق WSM وTOPSIS وVIKOR وأُستخدِم برنامج الماتلاب لحل النماذج الرياضية لتصنيف عناصر المخزون. أظهرت نتائج الدراسة أن معيار أهمية القطعة حاز على أعلى نسبة 49.4% من بين أوزان المعايير الرئيسية . كذلك أظهرت النتائج أن كل الطرق كانت قادرة وبشكل فعال على تصنيف عناصر المخزون وفق المعايير المعدة مسبقا، حيث تم تصنيف البديل J في كل الطرق على أنه العنصر الأكثر أهمية. كذلك بينت النتائج أن البديل N هو العنصر الأقل أهمية من بين مجموعة العناصر البالغة سبعة عشر عنصرًا. كما توصلت نتائج الدراسة إلى ثبات واستقرار الحل للبديل J في طريقة VIKOR عند اختبار قيم Q_i باستخدام المعامل β والتعويض عنها بقيم مختلفة.**

الكلمات المفتاحية: **تصنيف، عناصر، مخزون، معايير، متعدد.**

1. المقدمة

يشكل المخزون ما نسبته 15% إلى 30% من رأس المال المستثمر في المؤسسة حسب طبيعة نشاطها وحجم العمليات الإنتاجية أو الخدمية التي تمارسها [1]. تعتبر قدرة المؤسسة على إدارة المخزون بكفاءة وفاعلية من المهام الأساسية لنجاحها، فالمواد الخام وقطع الغيار والمنتجات النهائية كلها تحتاج إلى مخازن، وعندما يتم إدارة المخزون بالطريقة العلمية الصحيحة ينتج عنه زيادة في المبيعات وتحسين مستوى الخدمة للزبائن، وبالتالي زيادة الأرباح. من هنا يبرز أهمية المخزون للمؤسسة، فضعف إدارته لا يمكن معالجته بسرعة، الأمر الذي يؤدي إلى خروج المؤسسة من المنافسة. لذا من الضروري أن يتم إدارة ومراقبة المخزون بشكل مستمر لتجنب تكدسه أو نفاده. إحدى أهم الطرق المستخدمة في ذلك التحليل متعدد المعايير، حيث يقوم بتصنيف عناصر المخزون حسب درجة الأهمية بواسطة معايير متعددة ومحددة تحدد أهمية تلك العناصر. التحليل متعدد المعايير أداة علمية يتم من خلالها المفاضلة بين الخيارات المتاحة التي تحقق الهدف النهائي عن طريق تحديد معايير متعددة ومتباينة الأهمية، ويتم تقييم الخيارات المتاحة بناءً عليها باستخدام مصفوفة اتخاذ القرار.

من أهم الطرق المستخدمة في التحليل متعدد المعايير طريقة التحليل الهرمي(Analytic Hierarchy Process (AHP التي تم تطويرها بواسطة العالم العراقي Saaty في سنة 1980م، حيث تعتبر طريقة قوية في صنع القرارات، بالإضافة إلى سهولة تطبيقها عند تعدد المعايير، تُمكن هذه الطريقة من الجمع بين العوامل الموضوعية والذاتية في صنع القرار، حيث تستخدم غالبا في حل المشكلات المعقدة [2].

استلمت الورقة بالكامل في 26 ديسمبر 2022 وروجعت في 10 اكتوبر 2022
وقبلت للنشر في 31 اكتوبر 2022

ونشرت ومتاحة على الشبكة العنكبوتية في 6 نوفمبر 2022.

من الأساليب الأخرى المستخدمة في التحليل متعدد المعايير طريقة Weighted Sum Model (WSM) والتي يمكن استخدامها عند تعدد القرارات، حيث يمكن بسهولة في هذه الطريقة تقييم البدائل المتاحة وفقًا لعدد من المعايير الموضوعة. أيضًا هناك طريقة أخرى تُمكن صانع القرار من اتخاذ القرار بشكل مثالي واختيار البديل الأفضل عند تعدد المعايير والبدائل تسمى (TOPSIS)Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution. هذه الطريقة تم تطويرها في سنة 1981م بواسطة العالمان Hwang وYoon. أساس هذه الطريقة يعتمد على اختيار البديل الذي يكون له مسافة إقليدية أقرب ما يكون إلى الحل المثالي الموجب، وأبعد ما يكون عن الحل المثالي السالب، وتعتبر هذه الطريقة مناسبة عند محاولة تجنب المخاطر المتعلقة بصنع القرار [2]. كما توجد طريقة رابعة يستخدمها بعض الباحثين عند تعدد القرارات تسمي طريقة VlseKriterijuska Optimizacija I (VIKOR) Komoromisno Resenje، التي قدمت في سنة 1998م عن طريق العالم Opricovic، حيث تم تطويرها ليتم استخدامها عند تعدد المعايير في الأنظمة المعقدة. تُعرف هذه الطريقة بأنها طريقة للاختيار بين البدائل في حالة التناقض في المعايير والتركيز على فرز هذه البدائل، والحل الأفضل هو الاقتراب من الحل المثالي [2].تهدف هذه الورقة إلى الجمع بين كل هذه الطرق AHP، WSM، TOPSIS، VIKOR وتطبيقها على مخزن شركة البريقة لتسويق النفط بمصراتة وذلك من أجل تصنيف عناصر المخزون داخلها وفقا لعدة معايير محددة.

2. الدراسات السابقة

تناولت العديد من الدراسات السابقة موضوع تصنيف المخزون، ومازال هذا الموضوع يستقطب فضول الباحثين كونه يشكل عبئاً كبيراً على صناع القرار في المؤسسات الصناعية والخدمية. في هذه الدراسة تم التطرق للعديد من الدراسات والأبحاث السابقة حول موضوع تصنيف المخزون من حيث الطرق والأساليب المستخدمة، والحالات الدراسية في هذا المجال.

على أرض الواقع يعتمد نجاح المنظمات على قدرتها على توفير السلع والخدمات لطالبيها بالكمية والوقت المناسبين، لهذه الأسباب تحتاج المنظمات إلى أنظمة فعالة للرقابة على مخزونها. من هنا ظهرت دراسة هاشم (2008)، التي استخدمت أسلوب المقارنة بين نظام المراجعة المستمرة ونظام المراجعة الدوري للرقابة على المخزون في شركة أوسكار لاستيراد وتوزيع الألبسة الرجالية الجاهزة في البصرة، حيث اعتمدت الدراسة على بيانات سنة 2006م لتقدير تكاليف المخزون وأوامر الشراء باستخدام بعض من الأساليب الرياضية وبالاعتماد على المعلومات المتوفرة في الشركة عينة البحث. توصل الباحث إلى أن نموذج المراجعة الدوري على الرغم من ارتفاع تكاليفه السنوية إلا أنه يوفر مستوى خدمة بنسبة 98% مقارنة بمستوى الخدمة لنظام المراجعة المستمرة البالغة 90%. أوصى الباحث في النهاية باعتماد الشركة على أي من النظامين السابقين في الرقابة على المخزون بسبب تحقيق وفورات مالية، فضلا عن تأمين أفضل مستوى خدمة لزبائنها [3]. دراسة جاسم (2016)، درست كيفية تحديد الكمية الاقتصادية للإنتاج والطلب لعلبة البيبسي 330 مل ومكوناتها الأساسية في شركة بغداد للمشروبات الغازية في ظل بيئة تسودها حالات عدم التأكد.

استخدام الباحث أسلوب الاستدلال الضبابي (قواعد الشرط والنتيجة) لكلفة الاحتفاظ للتخلص من الغموض والتذبذب المرافق للطلب على المنتج النهائي، حيث تم استخدام النموذج الرياضي في تحديد الكمية الاقتصادية للإنتاج بمساعدة البرامج Matlab، WinQSB. توصل الباحث إلى أن تطبيق هذه النماذج يؤدي إلى تقليل الاستثمار في الخزين، مما يؤدي إلى خفض الكلف الإجمالية للخزين إلى أدنى حد ممكن، وأوصى الباحث بالبحث عن آليات تكفل دقة المعلومة وانسيابية وصولها إلى متخذ القرار في الوقت المناسب من خلال توظيف تطبيقات نظرية المجاميع الضبابية في مجالاتها المختلفة [4]. دراسة الشمرتي وغسق(2018)، قاما الباحثان ببناء نموذج رياضي باستعمال البرمجة الخطية الضبابية للسيطرة على المخزون لمنتج النفط الأبيض ولمدة سنة واحدة، وتمت معالجة الضبابية باستعمال طريقة التمثيل التكاملي لمتوسط التدريج، ومقارنة الكلفة الكلية المتحصل عليها من النموذج مع الكلفة الكلية الفعلية المتحصل عليها سابقا بالتعويض المباشر في دالة الهدف بالاستعانة ببرنامج WinQSB. توصلت الدراسة إلى أن الكلفة الكلية المستخرجة عن طريق البرنامج أقل من الكلفة الكلية الفعلية [5]. دراسة حسين(2019)، هدفت إلى تحديد كمية الطلب الاقتصادية وعدد مرات الشراء وما يرتبط بها من تكاليف. استخدم الباحث بيانات فعلية حقيقية من المعهد التقني خلال الفترة من 2017/9/1 إلى 2018/6/30 لمعرفة مدى تطابق خطة الشراء مع المؤشرات القياسية المعتمدة. من أهم النتائج التي توصل لها الباحث وجود تباين كبير بين كمية الشراء الاقتصادية لكل صنف من الأصناف المخزنة للمواد قيد البحث، وبين كمية الشراء الفعلية التي قامت المنظمة بشرائها خلال السنة الواحدة، وأوصي الباحث من خلال هذه الدراسة باعتماد البرامج الحاسوبية الجاهزة والمتعلقة بنماذج المخزون، مثل برنامج WinQSB [6]. تهتم الكثير من الدراسات بالبحث عن الأساليب الحديثة من أجل توفير المخزون بالكمية الاقتصادية المثلى، مما يؤدي إلى تقليل وانخفاض قيمة تكاليف التخزين مقارنة بمستوى الخدمة، من هذه الدارسات، دراسة الإمام (2019) التي قام من خلالها باستخدام بعض النماذج الكمية لضبط المخزون مثل نموذج الكمية الاقتصادية للطلب Economic Order Quantity (EOQ)، اعتماداً على أمثلية مستوى الخدمة والتكاليف المتوقعة، تم تطبيق أسلوب المحاكاة لحساب معدل الطلب من أجل المقارنة ولتحديد كمية مستوى المخزون المثلى، بمساعدة برامج Excel، Minitab، WinQSB. توصلت الدراسة إلى أن نماذج ضبط المخزون الرياضية تقدم ضمانا بعدم وقوع عجز في المخزون باحتمال 95% [7]. دراسة العطار وآخرون(2020)، تناولت مشكلة المخزون في شركة الواحة للمشروبات الغازية ومحاولة تحقيق المثالية في إدارة المخزون، باستخدام أسلوب المحاكاة في ظل بيئة تتسم بعدم التأكد. حددت مشكلة الدراسة ببعدين، الأول معرفي يتمثل في قلة الدراسات المتعلقة بموضوع تحقيق المثالية بأسلوب المحاكاة في إدارة المخزون والتي تتسم بالتداخل في آليات ومنهجيات العمل، والبعد الثاني يصف الرؤية المستقبلية لتطبيق أسلوب المحاكاة في إدارة المخزون، ولغرض تحليل البيانات الخاصة بمتغيرات الدراسة، استخدم الباحث برنامج Arena. توصل الباحث إلى حقيقة أنه لا يمكن تطبيق الأمثلية إلا عن طريق آلية المحاكاة المستندة على الأمثلية [8]. دراسة مليطان(2021)، هدفت إلى تحديد الكمية المثلى من مخزون مادة محلل الطينات، لخفض إجمالي التكاليف بالمجمع الاستثماري لصناعة مواد البناء بمدينة مصراتة. قام الباحث بتطبيق نموذج الكمية الاقتصادية للطلب ومقارنته مع تقنيات التحسين المثلى المتمثلة بخوارزميات أسراب العناصر Particle Swam Optimization (PSO) ومحاكاة التلدين Simulated Annealing (SA). أظهرت نتائج الدراسة الوصول إلى الكمية الاقتصادية المثلى مما أدى إلى التقليل في الكمية المطلوبة مع انخفاض في التكاليف الإجمالية لعينة الدراسة، كما أثبت الباحث أن خوارزمية أسراب العناصر المطورة تحقق وصول أسرع للحل من خوارزمية أسراب العناصر التقليدية، وأوصي الباحث بتطبيق نموذج EOQ في حالة بقاء الطلب ساكن [9]. يلاحظ من مجموعة الدراسات السابقة أن عدد كبير من نماذج المخزون تعالج حالات مختلفة منه، إلا أن المتحكم الرئيس في عملية اختيارها هو طبيعة الطلب على المخزون الذي يمكن أن يكون ثابتاً أو عشوائياً، كما تعتبر نماذج الكمية الاقتصادية للطلب EOQ أكثر النماذج قربا للواقع والتي يكون الطلب فيها متسماً بالعشوائية [10]. كذلك تزداد الصعوبة والحاجة إلى ضبط المتغيرات الداخلة في هذه النماذج من أجل ضمان جودة المخرجات وما يترتب عليها عند التطبيق، أيضا لا يمكن تحقيق المثالية في هذه النماذج إلا عن طريق المحاكاة، لما توفره من العشوائية في تقدير الطلب على المخزون.

لهذا السبب ظهرت تقنيات التحسين المثلى والتي تهتم بمعالجة عيوب هذه النماذج باستخدام تقنيات الذكاء الاصطناعي. أيضًا يمكن القول أن مجموعة الدراسات السابقة ارتكزت على تحديد الكميات المناسبة للتخزين ولم ترتكز على تحديد أهم الأصناف الواجب توفرها أثناء عملية الاحتفاظ بعناصر المخزون المختلفة.

بات معروفاً في إدارة المخزون وبسبب كثرة عدد الأصناف ولغرض تنظيم العمل بشكل هادف وبكلفه مقبولة ضرورة الفصل بين الأصناف المهمة والأصناف الأقل أهمية. قاد هذا التوجه البُحاث إلى استخدام أنظمة تعمل على تصنيف المواد وتقييمها وتسلسلها حسب الأهمية، من هنا كانت دراسة مرجان (2005)، التي تناولت تصنيف المخزون من خلال دمج تحليل ABC وتحليل XYZ، حيث اعتمد التحليل الأول على الاستخدام والثاني على هيكل الاستخدام. قام الباحث بتحليل المواد المستخدمة (مكائن جبكساريا) في قسم النسيج بالشركة العامة للصناعات النسيجية(الحلة-العراق)، حيث صنفت المواد وفق مبدأ نظام ABC حسب الأهمية، كما صنفت المواد حسب تذبذب الاحتياج باستخدام معامل التذبذب للوصول إلى دقة في التنبؤ بواسطة تحليل XYZ، واستخدم التداخل بين التحليلين. من النتائج التي تحصل عليها الباحث أن تصنيف المواد حسب الاستخدام بلغ نسبة 75% من القيمة الإجمالية للمواد، وهي تمثل 5 أصناف من المواد المخزنة والتي تقع في المجموعة الأولى A، كذلك وجد أن عند استخدام التداخل بين التحليلين، فإن ما يقارب من 49 مادة تحقق الانسيابية العالية عند توريدها مع الشراء المتزامن وقت الاحتياج، في حين وجود 407 مادة ليست هامة في الشراء عن طريق عقود أو صفقات، وأوصي الباحث باستخدام هذه الطرق مستقبلا مع إعطاء الطرق العلمية للشراء والتخزين الاهتمام الكافي في أقسام المشتريات والتخزين [11]. دراسة شلال(2009)، تناولت تصنيف المخزون وفق نظام ABC، وكانت أهمية هذه الدراسة في محاولة تقليل تكاليف الاحتفاظ بالمخزون في الشركة العامة للموانئ العراقية. أظهرت النتائج أن النسبة الأعلى كانت لزيت الغاز، وبالتالي كان ضمن الصنف A، في حين كان زيت الديزل ضمن الصنف B، وباقي المواد ضمن الصنف C. في النهاية أوصى الباحث بتطوير الكوادر العاملة بالمخازن واستخدام نظام ABC للمخزون، حيث يوفر سهولة في معرفة نقطة الطلب والحد الأعلى للمخزون وأسماء الموردين وأسعار المواد [12]. دراسة فتيحة (2014)، هدفت إلى تحليل الطلب بطريقة ABC في الشركة الجزائرية لمناجم لباريت، حيث شملت الدراسة 30 صنفا تم ترتيبها حسب معدلات الاستخدام، وذلك للبحث عن المخزون الأكثر استهلاكا وتصنيفها حسب أهميتها. أظهرت نتائج تصنيف الفئات أن الفئة A يجب أن تخضع لأقصى درجة ممكنة من الرقابة مع مراجعة دورية لفترات متقاربة، كذلك تم تصنيف الفئة B التي تخضع أيضا لرقابة عادية مع مراجعة دورية على فترات أكثر تباعداً، وأخيراً الفئة C التي كانت تخضع لأقل درجة من درجات الرقابة مع المراجعة على فترات متباعدة [13]. دراسة Kiyak وآخرون (2015) تناولت مشكلة المخزون وما يمثله من مشاكل كبيرة وخطيرة على المنظمات الكبيرة، حيث تم استخدام نظام ABC لتصنيف عناصر المخزون، وتوصلت الدراسة إلى تصنيف المخزون حسب درجة الأهمية [14].

من خلال استعراض مجموعة الدراسات السابقة والمتعلقة بتحليل ABC، يلاحظ أن أغلب الدراسات قد ركزت على معيار معدل الاستخدام والتكلفة، وبالتالي أدى هذا إلى إهمال باقي المعايير الأخرى التي يمكن أن يكون لها تأثير على اتخاذ القرار، وهذا ما يؤخذ سلباً على نظام ABC. استناداً على ذلك، اتجهت مجموعة من الدراسات إلى استخدام التحليل متعدد المعايير في تصنيف عناصر المخزون حسب الأهمية، ووفقا لمجموعة من المعايير المُعدة مسبقًا، من هذه الدراسات دراسة Rauf وآخرون (2018)، التي هدفت إلى المقارنة بين أسلوب ABC التقليدي وطريقتي TOPSIS، و AHP. اشتملت الدراسة على أربعة معايير مختلفة وهي(متوسط تكلفة الوحدة، متوسط الاستخدام السنوي، والعامل الحرج، وزمن التوريد). تم تطبيق الدراسة على عينة تشمل 47 عنصراً. من أهم نتائج الدراسة وجد أن التصنيف باستخدام تقنية TOPSIS يعطي نتائج مختلفة مقارنة بتصنيف ABC التقليدي، كذلك أظهرت نتائج الدراسة أنه عند مقارنة طريقة TOPSIS مع طريقة ABC التقليدية وجد أن نسبة التوافق لأصناف عينة الدراسة كانت 62% ونسبة التوافق مع طريقة AHP 77% [15]. دراسة Siregar وآخرون (2018)، هدفت إلى استخدام تقنية VIKOR في عملية صنع القرار، عن طريق تحليل عينة تتكون من 25 بديلاً وباستخدام خمسة معايير مختلفة. من خلال نتائج الدراسة تم تصنيف العنصرA9 الأول على باقي العناصر [16].

كما نعلم يتعين على الكثير من الشركات التعامل مع مجموعة كبيرة ومتنوعة من الأجزاء وقطع الغيار، مما يجعل ذلك مهمة معقدة للغاية وغالبا يكون من المستحيل إدارتها بواسطة أساس فردي، يكمن التحدي في هذه الحالة في القدرة على عدم التأكد من توفرها عند الحاجة إليها، وفي نفس الوقت ضمان تقليل تكاليف الشراء والتخزين، لهذا السبب قام Ferreira وآخرون (2018)، بتطوير مقياس هرمي ضبابي Fuzzy AHP في مصفاة لوقود الديزل الحيوي، شملت العينة 345 صنفاً من قطع الغيار في المصفاة، وتم تجميع الأصناف في فئات مختلفة باستخدام 5 معايير، توزعت المعايير كالتالي: أهمية المعدات ، توقعات الطلب، بعد ذلك جمعت باقي المعايير في مجموعة واحدة تسمي الخصائص اللوجستية وهي تضم كلاً من : سعر الوحدة، وقت التوريد، عدد الموردين المحتملين. أظهرت نتائج الدراسة تصنيف قطع الغيار إلى ثلاث مجموعات رئيسية حيث تحتوي الفئة A على 15 عنصرًا، والفئة B على 70 عنصرًا، والفئة C على 260 عنصرًا [17]. دراسة Mallick وآخرون (2019) درست استخدام الطريقة المعدلة القائمة على التشابه لبيانات شركة تصنيع أحزمة في ولاية البنغال الغربية بالهند، حيث استخدم البُحاث أسلوب المقارنة بين أسلوبي TOPSIS وAHP. شملت العينة 90 عنصراً من المواد الخام، وتم تصنيفها باستخدام 4 معايير وهي: تكلفة الوحدة، تكلفة الاستهلاك السنوي، ومعدل الاستهلاك السنوي، ومتوسط تكلفة المخزون. توصلت الدراسة إلى أن الطريقة المعدلة القائمة على التشابه Modified similarity-based method حققت نسبة 71.35% من تكلفة الاستهلاك السنوي والمسؤول عنها التصنيف A، في حين بلغت هذه لنسبة النسبة 69.94 % باستخدام أسلوبي AHP و TOPSIS، وبالنسبة للصنف B تحصلت الطريقة المعدلة القائمة على التشابه على نسبة 12% وباستخدام طريقة AHP كانت النسبة 12.60% وباستخدام أسلوب TOPSIS كانت النسبة 12.78%، وأيضا كانت النسبة للصنف C تقدر بحوالي 16.65% للطريقة المعدلة القائمة على التشابه ونسبة 17.46% لطريقة AHP ونسبة 17.28% لطريقة TOPSIS [18]. دراسة Kokoç و Ersöz (2019)، تناولت استخدام طريقة التحليل متعدد المعايير لتصنيف عناصر المخزون، حيث استخدمت الدراسة طريقة AHP في وضع الأوزان، ومن ثم قاما الباحثان بتطبيق نماذج TOPSIS VIKOR, بمساعدة الحاسوب للمقارنة بين أصناف المخزون لاتخاذ قرار المفاضلة. توصلت الدراسة إلى تصنيف عناصر المخزون حسب أهمية كل عنصر، حيث كان ترتيب العنصر A1 الأعلى من حيث الأهمية من بين 15 عنصراً [2].

من خلال استعراض مجموعة الدراسات السابقة المتعلقة بتصنيف عناصر المخزون وفق التحليل متعدد المعايير يلاحظ أن هذه الدراسات تميزت عن الدراسات التي تناولت نظام ABC، كونها استخدمت عدة معايير مختلفة تؤثر في قرار تصنيف المخزون مع الأخذ برأي الخبراء في هذا المجال. ما يميز الدراسة الحالية عن الدراسات السابقة استخدامها لأربعة طرق من طرق التحليل متعدد المعايير والتي سيتم من خلالها المفاضلة بين عناصر المخزون، بالإضافة إلى الاختلاف في طبيعة بيئة التطبيق التي تتغير بموجبها المعايير الرئيسية وطريقة بناء النماذج وفق الحالة الدراسية، كذلك من خلال البحث في الدراسات السابقة يلاحظ قلة الدراسات في هذا المجال، تحديداً الدراسات المتعلقة بتصنيف المخزون وفق مبدأ التحليل متعدد المعايير وبالأخص في الدراسات العربية، وبالتالي يعتبر هذا دافعًا قويًا لإجراء هذه الدراسة.

3. إدارة المخزون

إدارة المخزون هي النشاط الذي يتم بمقتضاه استخدام الأساليب العلمية في تحديد كمية المواد الأولية، والمواد نصف المصنعة، وكذلك المواد تامة الصنع، وبما يضمن تلبية متطلبات وظروف التشغيل وطلبات الزبائن، وبأقل تكاليف ممكنة[19]. تُعْرف أيضا إدارة المخزون على أنها "الأساليب والمبادئ التي تستخدم في إعداد خطة المواد والتنسيق، والسيطرة، ومراجعة تدفق أو حركة المواد في المنظمة" [20].

أ) *تصنيف المخزون*

هو عبارة عن فرز للمواد ووصفها في مجموعات، كل مجموعة متجانسة فيما بينها من حيث الخصائص، وذلك وفقاً لأسس محددة مثل الحجم، الوزن، القابلية للكسر.

ب) *طرق تصنيف المخزون التقليدية*

هناك عدة طرق وتحليلات مختلفة في تصنيف المخزون والرقابة عليه، حيث تركز كل واحدة منها على عناصر معينة في المخزون تكون هي أساس العملية الرقابية، وفيما يلي نستعرض أهم هذه الطرق.

1) تحليل ABC

تحليل ABC هو اختصار للمعنى Always Better Control، حيث تستخدمه الشركات عند الاحتفاظ بالآلاف الوحدات من المخزون ولكن القليل جداً من هذه الوحدات تلقى اهتمام من قبل الإدارة من حيث الرقابة. تحليل ABC هو عملية تقسيم الوحدات إلى ثلاث أصناف طبقاً للمبلغ المستغل، لذلك فإن المدراء يركزون على الوحدات ذات القيمة المالية الأعلى، حيث أن الصنف A فقط يمثل نسبة 20% من الوحدات ويمثل حوالي نسبة 80% من المبالغ المستخدمة، والصنف B يمثل نسبة 30% من الوحدات ولكن يمثل نسبة 15% من المبالغ المستخدمة، وأخيراً نسبة 50٪ من الوحدات تقع في الصنف C وهي تمثل نسبة 5% من المبالغ المستخدم [21، 22].

2) تحليل XYZ

تستخدم هذه الطريقة في تصنيف المواد حسب تذبذب الاحتياج، حيث أن تنظيم هذه الحروف جاء طبقاً لهذا التذبذب، وذلك بهدف كشف الأصناف التي يرتفع حجم المخزون منها بناءً على تقلب الطلب، حيث يتم تصنيف العناصر إلى فئات X و Y و Z. يتم قياس التباين بواسطة معامل التباين Coefficient .of Variance (CV) [11, 21, 23].

فئة X: لها حجم ثابت حسب الاحتياج، وتتميز بتقلبات دورية صغيرة، مما يوفر دقة عالية للتنبؤ، كما أن تقلب الطلب اليومي منخفض تقريبًا CV≤ 0.3.

فئة Y: تحتوي على تقلبات معتدلة، ولذلك تكون دقة التنبؤ، متوسطة في الطلب Demand (D)، ويكون الطلب اليومي متوسط بشكل عام 0.3<CV≤ 0.56.

فئة Z: تحتوي على تذبذب غير منتظم للطلب، حيث يكون هناك ضعف في دقة التنبؤ مما يتيح دقة منخفضة في التوقع، بسب عشوائية الاحتياج وتغير في مرتفع في الطلب اليومي CV>0.56.

3) تحليل VED

هذه الطريقة شائعة الاستخدام في الرقابة على قطع الغيار، حيث يكون لها معدل استخدام ومعدل سحب مختلف في شكله وتطوره عن استخدام المواد الخام والأجزاء وغيرها، فبينما يعتمد السحب والاستخدام من الخامات أساساً على خطة الإنتاج وخطة البيع في السوق، فإن السحب من قطع الغيار يعتمد على أسلوب تشغيل المعدات والآلات، بمعنى يتم تقسيم الأصناف إلى ثلاثة مجموعات هي مجموعة العناصر الأساسية Vital (V) لاستمرار الإنتاج والعمل، ومجموعة العناصر متوسطة الأهمية (E) Essential، ومجموعة العناصر غير الهامة (D) Desirable، والتركيز على زيادة المخزون من المجموعة E لضمان استمرار التشغيل وعدم تعطيل الآلات، وتقل المشكلة بالنسبة للمجموعة V وتزول بالنسبة للمجموعة D خاصة إذا كان وقت شراء الأصناف الواردة بها يساوي صفرًا [21].

4) تحليل HML

طريقة التقسيم أو التحليل حسب السعر (HML) High, Medium, Low تتشابه هذه الطريقة مع تحليل ABC، وإن كان الأساس هنا هو سعر الوحدة من الصنف، حيث تقسم الأصناف إلى مجموعات متدرجة بدء بالسعر المرتفع، ثم المتوسط ثم المنخفض، بمعنى أن فلسفة هذه الطريقة تهدف إلى مراقبة أسعار الشراء [21].

5) تحليل FSN

تقسم الأصناف في هذه الطريقة إلى ثلاثة مجموعات حسب معدل دورانها أو معدل حركتها من المخازن، المجموعة الأولى سريعة الحركة والسحب Fast (F)، والثانية بطيئة الحركة Slow (S)، والأخيرة راكدة في المخازن Non-Moving (N)، ومن الطبيعي أنه يجب إعادة النظر في هذا التوزيع من حين لآخر على ضوء التغير في موقف كل صنف والتغيرات السوقية في الطلب وأثرها على معدل السحب من الصنف، وكذلك التغيرات التكنولوجية وأثرها على تقادم أحد الأصناف وركوده [21]، وتفيد هذه الطريقة أساساً في مراقبة تقادم الأصناف سواء الخامات أو قطع الغيار [21].

4. التحليل متعدد المعايير

يمكن تعريف اتخاذ القرار متعدد المعايير "بأنه مجموعة فرعية محددة من مشكلات اتخاذ القرار التي يواجه فيها متخذ القرار مجموعة البدائل التي توصف بواسطة معايير مختلفة، بهدف إيجاد البديل الأفضل أو ترتيب البدائل المتعلقة بمشكلة القرار" [24]. القرار متعدد المعايير: يتم بوجود عدة معايير غالباً ما تكون متشبعة، أي تشمل متغيرات كمية وأخرى كيفية، وتكون للتعظيم أو التدنية أو كلاهما معاً [25]. من أهم الأساليب المستخدمة في التحليل متعدد المعايير ما يلي:

أ) طريقة AHP

تعتبر طريقة AHP من أهم الأساليب التي تستخدم في أنظمة دعم القرار متعدد المعايير، وتكون طريقة دعم هذا القرار بترتيب أهمية المعايير الفرعية التي تؤثر عليه، حيث كان Saaty أول من استخدم نموذج التحليل الهرمي عام 1980م، واجتذب هذا النموذج العديد من الباحثين بسبب الخصائص الرياضية التي يستخدمها، إضافة إلى سهولة الحصول على البيانات المطلوبة لاستخدامه [26]. يوضح Saaty خطوات استخدام النموذج كما يلي [26]:

1) تعريف المشكلة وتحديد المعرفة المطلوبة.
2) إنشاء هيكل التسلسل الهرمي للقرار، في الأعلى يكون الهدف من القرار، وفي أدناه تكون مجموعة معايير القياس والبدائل المطلوب مقارنتها.
3) إنشاء مصفوفة المقارنة المزدوجة للمعايير الرئيسية ولمجموعة البدائل ضمن كل معيار.
4) يتم تحديد الأهمية وإجراء المقارنة بين بديل وآخر وذلك باستخدام المقياس الكمي للأهمية الذي اقترحه Saaty، والموضح في الجدول (1).

جدول (1) مقياس الأهمية النسبية [26]

درجة الأهمية	الأهمية	التفسير
1	متساويان في الأهمية	العنصرين متساويان بنفس الأهمية بالنسبة للهدف العام
3	أهمية متوسطة	تفضيل عنصر على الآخر بدرجة بسيطة
5	أهمية كبيرة	تفضيل عنصر على الآخر
7	أهمية كبيرة جداً	تفضيل عنصر على الآخر بدرجة كبيرة جدا
9	أهمية قصوى	بشكل مطلق درجة أعلى في تفضيل عنصر على الآخر
2، 4، 6، 8	أحياناً يحتاج الفرد أن يعطي حكما ذا قيمة يتوسط الأحكام السابقة	

5) حساب الأهمية النسبية لكل بديل.
6) حساب مؤشر الثبات Consistency Index (CI) كما هو موضح في معادلة (1).

$$CI = \frac{(y\ max\ - n)}{n-1} \qquad (1)$$

حيث n تمثل عدد المعايير أو البدائل، وأن y_{max} تمثل القيمة الذاتية الأعلى لكل بديل، ويمكن حسابها طبقاً للمعادلة (2).

$$y\ max = \sum_n^1 (m_n \times w_n) \qquad (2)$$

للحصول على نتائج أكثر دقة أشار ساعاتي أنه يجب ألا تتجاوز قيمة مؤشر الثبات CI القيمة 0.1، بعد ذلك نقوم بحساب معدل التجانس من خلال المعادلة (3).

$$CR = \frac{CI}{RI} \qquad (3)$$

حيث تمثل RI مؤشر الثبات العشوائي Random Consistency Index، ويتحدد هذا المؤشر وفق درجة المصفوفة محل الدراسة [26]. في حالة الحصول على نتائج كبيرة يجب مراجعة المدخلات للمشكلة مرة أخرى.

ب) طريقة WSM

يعتبر نموذج المجموع المرجح WSM أحد أقدم وأشهر النماذج استعمالاً في عملية اتخاذ القرار متعدد المعايير خاصة في المشاكل ذات البعد الواحد. يمكن تطبيق نموذج المجموع المرجح بدون صعوبة في حالات أحادية الأبعاد التي تتسم فيها المعايير ببعد واحد، حيث تكون كل وحدات القياس متطابقة ومتماثلة، بمعنى آخر في الحالة التي يشترك فيها جميع المعايير في نفس الوحدة (لا يوجد تنوع في الوحدات) في هذه الحالة يمكن استعمال هذه الطريقة بدون أي مشاكل [27]. تتلخص خطوات بناء النموذج في المراحل التالية:

المرحلة الأولى: قيام متخذ القرار بتشكيل مصفوفة القرار عن طريق تخصيص وزن تفضيلي لكل خاصية بناءً على درجة أهميتها.

المرحلة الثانية: تطبيع مصفوفة القرار حيث نقوم بتحديد القيم الفعلية لكل بديل وذلك باستخدام طريقة التطبيع المناسبة عندما تكون دالة الهدف المطلوبة للمعيار Max أو Min عن طريق المعادلات التالية [49]:

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\max a_{ij}} \quad i = 1, \dots, m;\ j = 1,2,3, \dots, n. \qquad (4)$$

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}}{\min a_{ij}} \quad i = 1, \dots, m;\ j = 1,2,3, \dots, n. \qquad (5)$$

المرحلة الثالثة: ضرب كل قيم a_{ij} الناتجة في الوزن التفضيلي لكل معيار w_j.

المرحلة الرابعة: نقوم بجمع حاصل ضرب كل القيم، ويمكن التعبير عن هذه العملية من خلال المعادلة (6).

$$A_i^{WSM-score} = \sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, w_j \quad for\ i = 1,2,3, \dots, m \qquad (6)$$

حيث تمثل $A_i^{WSM-score}$ نتيجة أفضل حاصل ضرب، n تمثل عدد معايير القرار، a_{ij} القيمة الفعلية لعدد i بديل بناءً على عدد j معيار (يتم تحديد هذه القيم بناءً على خبرة متخذ القرار)، كما أن w_j تمثل الوزن التفضيلي المعطى على حسب أهمية المعيار. يستند هذا النموذج على فرضية المنفعة المضافة Additive Utility، بمعنى القيمة الإجمالية لأي بديل تساوي مجموع حاصل ضرب قيمته الفعلية a_{ij} في وزنه التفضيلي w_j وفق المعادلة (6).

ج) طريقة TOPSIS

هي طريقة لصنع القرار تم تقديمها لأول مرة من قبل الباحثان Yoon وHwang، وتتلخص الفكرة الأساسية لهذه الطريقة في اختيار البديل الأقرب إلى الحل الأمثل، والأفضل من مجموعة البدائل المتوفرة، كما أن هذه الطريقة يمكن أن تستعمل في حالة المفاضلة، وتكون شكل مصفوفة القرار وفق المصفوفة التالية [28]:

$$D = \begin{bmatrix} & X_1 & X_2 & \dots & X_j & \dots & X_n \\ A_1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1n} \\ A_2 & X_{12} & X_{22} & \dots & X_{2j} & \dots & X_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_i & X_{i1} & X_{i2} & & X_{ij} & & X_{in} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ A_m & X_{m1} & X_{m2} & & X_{mj} & & X_{mn} \end{bmatrix}$$

حيث أن:
A_i: هي مجموعة بدائل القرار المتوفرة.
X_{ij}: هي قيم النتائج لـ i بديل والمقيدة بـ j معيار.

للبحث عن الحل الأمثل لابد من اتباع المنهجية التي تعتمد على مجموعة المراحل التالية:

المرحلة الأولى: تطبيع مصفوفة القرار D من خلال المعادلة (7).

$$r_{ij} = \frac{X_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} X_{ij}^2}} \qquad (7)$$

المرحلة الثانية: عملية الترجيح من خلال ضرب قيم مصفوفة القرار بعد التطبيع في أوزان الأهمية النسبية المرتبطة بها، يتم حساب القيمة المرجحة بالمعادلة (8).

$$V_{ij} = W_{ij} \times r_{ij} \quad (8)$$

حيث أن: W_{ij} تمثل وزن المعيار ij في المصفوفة.

المرحلة الثالثة: تعيين الحل الأمثل الموجب والحل الأمثل السالب من خلال المعادلتين (9) و(10).

$$A^+ = \{(\max V_{ij}/j \in J, \min V_{ij}/\ j \in J')\} \quad (9)$$

$$A^- = \{(\min V_{ij}/j \in J, \max\ V_{ij}/\ j \in J')\} \quad (10)$$

J = 1,2,3, ……, n

J' = 1,2,3, ……, n

حيث أن J مرتبط بمعيار الربح، و'J مرتبط بمعيار التكلفة.

المرحلة الرابعة: حساب مقياس الانحراف لكل بديل عن البديل الأمثل الموجب، ويحسب وفق المعادلة (11).

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^+)^2} \quad i = 1,2,3,\dots,m \quad (11)$$

وبالمثل انحراف كل بديل عن البديل الأمثل السالب يحسب وفق المعادلة (12).

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^{n}(V_{ij} - V_j^-)^2} \quad i = 1,2,3,\dots,m \quad (12)$$

المرحلة الخامسة: حساب التقارب النسبي من الحل الأمثل.

التقارب النسبي للبدائل A_i التي تقترب من الحل الأمثل الموجب A^+ يتم حسابه من خلال المعادلة (13).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{(S_i^+ + S_i^-)},\ 0 \le C_i^* \le 1 \quad (13)$$

i = 1,2,3, ……, m

أكبر قيمة لـ C_i^*، تمثل أفضل أداء للبدائل المتوفرة.

المرحلة السادسة: ترتيب القيم حسب الأفضلية إما تنازلياً أو تصاعدياً.

د) *طريقة VIKOR*

هذه الطريقة تم تطويرها بواسطة العالم Opricovic سنة 1998م لمعايير متعددة بهدف تحسين الأنظمة المعقدة. تُعرف هذه الطريقة بأنها طريقة للاختيار بين البدائل في حالة تضارب المعايير التي تسببها وحدات القياس والتركيز على فرز هذه البدائل عن طريق الحل الوسط. الفكرة الأساسية في الحل تعتمد على القرب من المثالية. يتم تكوين المقارنات على أساس اختيار وترتيب البدائل المثالية وفقًا لمقياس التقارب. أيضًا تستخدم هذه الطريقة تجميعًا مختلفًا ووظائف وطرق تطبيع تختلف عن أسلوب TOPSIS، فيما يلي خطوات تطبيق طريقة VIKOR [2]:

الخطوة الأولى: تحديد أفضل قيمة بالنسبة للمعامل f_j^+ وأسوأ قيمة للمعامل f_j^- لكل معيار، كذلك نجعل البدائل المختلفة بالنسبة للمعيار i تظهر على شكل $a_1, a_2 \dots\dots, a_n$، مقياس البديل a_{ji} يتم التعبير عنه f_{ij}، يمكن التعويض بالمعادلتين (14) و (15) إذا كان المعيار منفعة، والتعويض بالمعادلتين (16) و (17) إذا كان المعيار يمثل تكلفة.

$$f_j^+ = \max(a_{ji})\ \ j = 1,2,3,\dots,m \quad (14)$$

$$f_j^- = \min(a_{ji})\ \ j = 1,2,3,\dots,m \quad (15)$$

$$f_j^+ = \min(a_{ji})\ \ j = 1,2,3,\dots,m \quad (16)$$

$$f_j^- = \max(a_{ji})\ \ j = 1,2,3,\dots,m \quad (17)$$

الخطوة الثانية: إنشاء مصفوفة التطبيع من خلال المعادلة (18).

$$r_{ij} = \frac{f_j^+ - a_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \quad (18)$$

الخطوة الثالثة: حساب الوزن لمصفوفة القرار V_{ij} حيث يتم الحصول على هذه المصفوفة بضرب عناصر قرار مصفوفة التطبيع حسب أوزان كل منها لإظهار أوزان المعيار(w_j)، كما في المعادلة (19).

$$V_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (19)$$

الخطوة الرابعة: تحديد قيم كلا من S_i و R_i، حيث يتم الحصول على أقصى فائدة للمجموعة من $\min_i S_i$، والحد الأدنى من مقياس الانخفاض عن طريق $\min_i R_i$، كذلك تشير S_i إلى القيم المتوسطة للبديل i، وأيضا R_i تدل على أسوأ درجات المجموعة للبديل i، w_i. يمكن الحصول عليها من خلال تقييم الخبراء أو عن طريق أي أسلوب يتم به تحديد الأوزان خاص بالتحليل متعدد المعايير.

في هذه الورقة سيتم تحديد الأوزان بطريقة AHP. كذلك يمكن حساب قيم كلا من S_i و R_i من خلال المعادلتين (20) و (21).

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} w_i \times \frac{f_j^+ - a_{ij}}{f_j^+ - f_j^-} \quad (20)$$

$$R_i = \max\left[w_i \times \frac{f_j^+ - a_{ij}}{f_j^+ - f_j^-}\right] \quad (21)$$

الخطوة الخامسة: حساب قيم Q_i لكل بديل، قيم Q_i تحدد وفقًا لمعايير التقييم باستخدام المعادلة (22)، حيث تشير إلى أقصى فائدة للمجموعة، القيمة β تمثل في المعادلة قيمة الوزن بأقصى فائدة للمجموعة، $(1-\beta)$ تمثل الحد الأدنى للقيم من مقياس ندم صانعي القرار المعارضين، إذا كانت القيمة المختارة β أكبر من 0.5 فهي تحدد اختيار الأغلبية، أما إذا كانت القيمة β تساوي 0.5 فهذا يعني أنها تشير إلى حل وسط، وبغض النظر عن قيمة β السلبية [2].

$$Q_i = \beta \times \frac{(S_i - S_i^+)}{(S_i^- - S_i^+)} + (1-\beta)\ \frac{(R_i - R_i^+)}{(R_i^- - R_i^+)} \quad (22)$$

حيث أن:

$$S^+ = \min_i S_i$$

$$S^- = \max_i S_i$$

$$R^+ = \min_i R_i$$

$$R^- = \max_i R_i$$

الخطوة السادسة: ترتيب البدائل حسب قيم S_i، R_i، Q_i، حيث يتم ترتيب هذه البدائل بفرز القيم التي تم الحصول عليها من الأصغر إلى الأكبر.

الخطوة السابعة: تحديد خاصية القبول للشرط الأول C_1 وأيضا خاصية الاستقرار في اتخاذ القرار للشرط الثانيC_2، حيث أنه إذا تحقق الشرطان، فإن البديل الأول A_1 المتحصل عليه يوصى بكونه هو الحل الوسط، أما في حالة أخذ أي بديل آخر مكان في الشرط C_1، من الضروري تقديم الشرط في المعادلة (24). قيمة DQ يتم حسابها من المعادلة (23) حيث m يرمز له في هذه المعادلة بعدد البدائل.

$$DQ = \frac{1}{1-m} \quad (23)$$

$$Q(A_2) - Q(A_1) \ge DQ \quad (24)$$

حيث أن:

$Q(A_2) =$ هي قيمة Qi للبديل الثاني المتحصل عليه.

$Q(A_1) =$ هي قيمة Qi للبديل الأول المتحصل عليه.

يتم تحدد خاصية الاستقرار في اتخاذ القرار للشرط C_2 عن طريق الترتيب بالنسبة لقيم S_i وR_i، إضافة إلى ترتيبها بالنسبة لقيم Q_i. تشير البدائل المتجمعة حول الشرطين C_1 وC_2 إلى نقاط استقرار في اتخاذ القرار.

5. الحالة الدراسية

تناولت الحالة الدراسية تصنيف عناصر المخزون باستخدام التحليل متعدد المعايير بمخزن شركة البريقة لتسويق النفط بمدينة مصراتة. تم تحديد المعايير الرئيسية ذات التأثير الأكبر على أصناف المخزون وأستخدمت طريقة AHP لتحديد الأوزان الرئيسية، ومن ثم استخدمت طرق TOPSIS و VIKOR و WSM في عملية التصنيف. لتسهيل الحصول على النتائج تم الاستعانة ببرنامج Matlab في التعامل مع المصفوفات. تأسست شركة البريقة لتسويق النفط طبقا للقانون رقم 74 لسنة 1971م بعد إدماج ثلاثة شركات وطنية كانت تقوم بتسويق وتوزيع المنتجات النفطية في ليبيا هي البريقة، والسدرة، والوطنية، في شركة واحدة مملوكة بالكامل للمؤسسة الوطنية للنفط، وقد أوكل إليها مهمة التسويق والتوزيع ونقل المنتجات النفطية والسلع المكملة لها داخل ليبيا [29].

يعتبر مستودع مصراتة النفطي من مستودعات شركة البريقة لتسويق النفط، والذي يقع على مساحة تبلغ 50 هكتار ويغذي مساحات جغرافية شاسعة من ربوع ليبيا بكافة المنتجات النفطية من مسلاته غربا إلى سرت شرقاً. كما يتم تسليم المنتجات النفطية للمصانع ومحطات الكهرباء ومستودع سبها النفطي وشركات التوزيع عبر الأنابيب والناقلات النفطية من الرصيف النفطي والميناء. إنتاج المستودع من الأسطوانات يصل إلى حوالى 13,000 أسطوانة يوميًا من مختلف الأحجام، ويتم توزيعها بمدينة مصراتة وضواحيها عن طريق مراكز توزيع الغاز [30].

أ) *منهجية الدراسة*

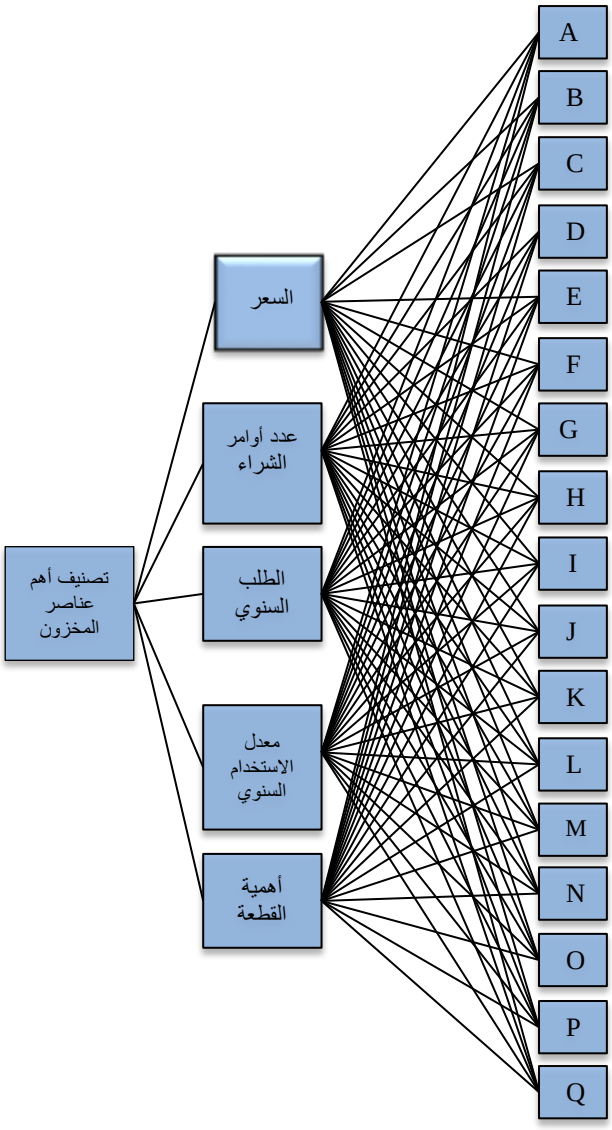
شكل (1) يوضح خطوات منهجية الدراسة.

ب) *تحديد البدائل والمعايير*

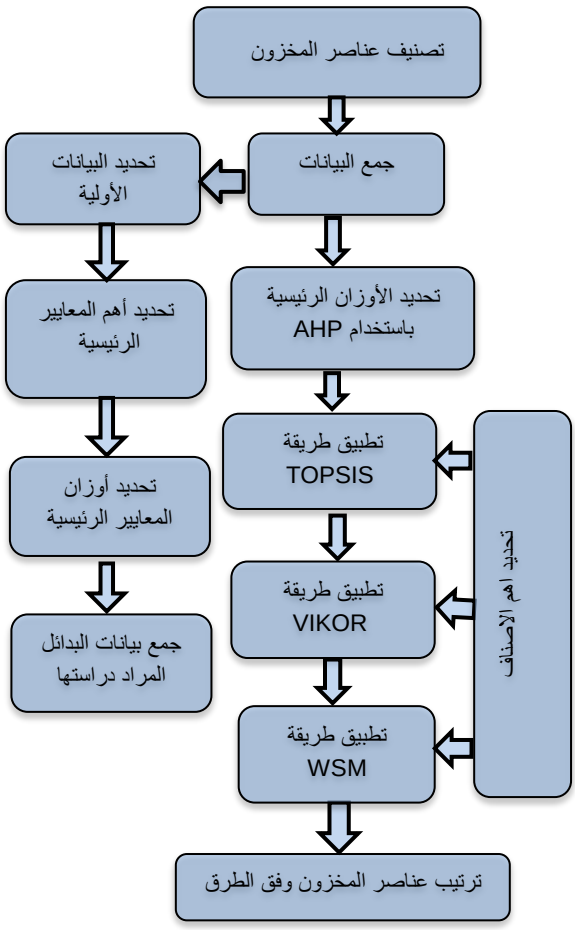
تمت الدراسة على قطع الغيار الخاصة بمحرك كهربائي والملحقات التابعة له من ناقل حركة وتروس وسلاسل حديدية. سبب اختيار الدراسة لهذا النوع من المحركات نتيجة لأهميته والاعتماد عليه في عملية الإنتاج داخل الشركة، حيث يوجد عدد كبير منه في صالة تعبئة أسطوانات غاز الطهو بمستودع مصراتة النفطي، إذْ يصل العدد إلى ثمانية محركات من هذا النوع. تعمل هذه المحركات في ارتباط تام بشكل شبه آلي في تحريك خطوط الإنتاج (السيور الناقلة لأسطوانات الغاز)، وبالتالي يكمن الهدف الأساسي للدراسة في تحديد وترتيب قطع غيار هذا المحرك وملحقاته الموجودة بمخازن الشركة، وفق أهمية كل عنصر لإعطاء العناصر ذات الأهمية القصوى فعالية أكثر في عمليات الرقابة، وبالتالي المساعدة في خفض التكاليف وتوفير كلا من الوقت والجهد المبذول في عملية الاحتفاظ بعناصر المخزون المختلفة. المعايير الرئيسية تم تحديدها بعد الاطلاع على العديد من الدراسات السابقة المتعلقة بتصنيف المخزون، حيث تم جمع وتحديد مجموعة من المعايير الرئيسية ومن ثم عرضها على مجموعة من الخبراء والمختصين لمراجعتها وإبداء الملاحظات حولها. بعد ذلك تم الأخذ برأي الخبراء والمختصين وثُبّتت المعايير الرئيسية واستقرت على خمسة معايير رئيسية، وهي موضحة في الجدول (2).

جدول (2) المعايير الرئيسية في الدراسة

المعيار	شرح المعيار
السعر	يقصد به سعر كل عنصر من أصناف المخزون المطلوبة للشراء، حيث كلما أرتفع ثمن العنصر من أصناف المخزون ارتفعت أهميته، ويتمثل في قيمة محددة تقاس بالوحدات النقدية مثل الدينار أو الدولار.
عدد أوامر الشراء	يمكن تعريف هذا المعيار على أنه إجمالي عدد الكميات المطلوبة من عناصر المخزون خلال فترة زمنية محددة حيث تزداد أهمية هذا المعيار كلما أرتفع الطلب في عدد الوحدات.
الطلب السنوي	يقصد به نسبة الاستخدام لكل صنف من أصناف المخزون المختلفة مقارنة بغيرها من إجمالي العناصر المراد درستها، وهو عبارة نسبة ضرب تكلفة الصنف في الكميات المطلوبة مقسومة على المجموع الكلي للأصناف.
معدل الاستخدام السنوي	يتمثل في نسبة أهمية العنصر المراد دراسته من ناحية وظيفته في استمرار الإنتاج بالإضافة إلى الأهمية العالية مقارنة بالبدائل الأخرى .
أهمية القطعة	يمكن تعريف هذا المعيار على أنه إجمالي عدد الكميات المطلوبة من عناصر المخزون خلال فترة زمنية محددة حيث تزداد أهمية هذا المعيار كلما ارتفع الطلب في عدد الوحدات.



شكل(2) الشكل الهرمي للحالة الدراسية



شكل (1) منهجية الدراسة

ج) *تحديد أوزان المعايير بواسطة AHP*

بناء على مشكلة الدراسة تم بناء الشكل الهرمي لطريقة AHP، كما هو موضح في الشكل (2)، حيث تم تحديد الهدف الأساسي في المستوي الأول تصنيف عناصر المخزون، وحُدد في المستوي الثاني المعايير الرئيسية، وفي المستوي الثالث تم تحديد البدائل المتاحة للدراسة متمثلة في سبعة عشرة عنصراً من عناصر المخزون بالشركة. تم إعطاء ترميز العناصر بأحرف إنجليزية لكل بديل من أجل سهولة توصيفه والتعامل معه بالحاسوب.

د) *المقارنة الثنائية*

تمت في هذه الخطوة الحصول على البيانات لمصفوفة المقارنة الثنائية، بعد تعبئتها من خلال أصحاب الخبرة في هذا المجال بالشركة، وتحديد الأهمية النسبية لكل معيار من المعايير الخمسة التي شملتها الدراسة، وكما هو موضح بالجدول(3).

جدول(3) مصفوفة المقارنة الثنائية للخبير الأول

المعيار	السعر	عدد أوامر الشراء	الطلب السنوي	معدل الاستخدام السنوي	أهمية القطعة
السعر	1.000	0.333	0.500	0.500	0.200
عدد أوامر الشراء	3.000	1.000	3.000	1.000	0.200
الطلب السنوي	2.000	0.333	1.000	1.000	0.200
معدل الاستخدام السنوي	2.000	1.000	1.000	1.000	0.200
أهمية القطعة	5.000	5.000	5.000	5.000	1.000

بنفس الخطوات المتبعة سابقًا أجريت الحسابات على مصفوفات المقارنات الزوجية لباقي الخبراء، والجدول (4) يوضح ملخص ثبات الأحكام للمصفوفات المقارنة الثنائية للخبراء الثلاثة المتحصل عليها، ويلاحظ أن نسبة الثبات للأحكام مقبولة ولا تتجاوز نسبة 10% وفق مبدأ ساعاتي.

جدول (4) ملخص الأحكام للمصفوفات الطبيعية

الخبراء	CI	RI	CR
الخبير الأول	0.057	1.12	0.051
الخبير الثاني	0.095	1.12	0.085
الخبير الثالث	0.016	1.12	0.0144

بعد ذلك تم حساب أوزان المعايير الرئيسية للمصفوفة السابقة الموضحة بالجدول (5) عن طريق ايجاد المتوسط الحسابي لجميع القيم بالنسبة لجميع الأعمدة، ثم نقوم بتقسيم كل قيمة في المصفوفة على مجموع كل عمود، وبالتالي نتحصل على المصفوفة. بعد ذلك يتم ايجاد المتوسط الحسابي لجميع قيم الصفوف في المصفوفة بالجدول(5)، لنتحصل على الأولوية النسبية لكل معيار، ونتحصل على أوزان المعايير الرئيسية، كما هو في العمود الأخير بالجدول (5). أوزان المعايير الرئيسية المبينة في جدول (5) سيتم استخدامها كمدخلات للطرق المستخدمة في الورقة وهي: WSM وTOPSIS وVIKOR.

جدول(5) مصفوفة المقارنة الثنائية الطبيعية

المعيار	السعر	عدد أوامر الشراء	الطلب السنوي	معدل الاستخدام السنوي	أهمية القطعة	أوزان المعايير الرئيسية
السعر	0.078	0.055	0.072	0.086	0.091	0.076
عدد أوامر الشراء	0.273	0.192	0.281	0.233	0.165	0.229
الطلب السنوي	0.107	0.067	0.097	0.108	0.111	0.098
معدل الاستخدام السنوي	0.099	0.089	0.097	0.108	0.119	0.103
أهمية القطعة	0.443	0.597	0.452	0.465	0.514	0.494

بعد جمع البيانات المتعلقة بالبدائل، وتحديد الأوزان الرئيسية للمعايير تم بناء مصفوفة القرار الموضحة في الجدول (6).

جدول(6) مصفوفة القرار

أوزان المعايير	0.076	0.229	0.098	0.103	0.494
رمز البديل	السعر	عدد أوامر الشراء	الطلب السنوي	معدل الاستخدام السنوي %	أهمية القطعة %
A	376.850	1	50	3.147	100
B	6738.563	2	8	9.003	70
C	1860.292	1	15	4.660	80
D	369.976	1	200	12.357	100
E	1046.212	2	60	10.483	100
F	1083.507	2	20	3.619	100
G	4410.158	2	25	18.412	70
H	900.007	1	10	1.503	100
I	1589.941	2	18	4.779	100
J	721.517	2	200	24.099	100
K	2493.360	2	9	3.748	100
L	311.186	1	10	0.520	100
M	302.003	2	35	1.765	100
N	294.821	1	8	0.394	50
O	63.971	1	100	1.068	60
P	70.255	2	8.52	0.100	100
Q	38.065	2	54	0.343	100

هـ) *طريقة WSM*

من خلال تطبيق خطوات طريقة WSM التي تم شرحها أعلاه، نتحصل على المصفوفة الموزونة المبينة بالجدول (7) والجدول (8) الذي يوضح ترتيب البدائل تنازلياً حسب الأفضلية، حيث تحصل البديل J على أعلى نسبة 93.21%، وتحصل البديل N على أقل نسبة 37.04%.

جدول (7) مصفوفة التطبيع الموزونة لطريقة WSM

رمز البديل	السعر	عدد أوامر الشراء	الطلب السنوي	معدل الاستخدام السنوي %	أهمية القطعة %
A	0.0043	0.1145	0.0245	0.0135	0.4940
B	0.0760	0.2290	0.0039	0.0385	0.3458
C	0.0210	0.1145	0.0074	0.0199	0.3952
D	0.0042	0.1145	0.0980	0.0528	0.4940
E	0.0118	0.2290	0.0294	0.0448	0.4940
F	0.0122	0.2290	0.0098	0.0155	0.4940
G	0.0497	0.2290	0.0123	0.0787	0.3458
H	0.0102	0.1145	0.0049	0.0064	0.4940
I	0.0179	0.2290	0.0088	0.0204	0.4940
J	0.0081	0.2290	0.0980	0.1030	0.4940
K	0.0281	0.2290	0.0044	0.0160	0.4940
L	0.0035	0.1145	0.0049	0.0022	0.4940
M	0.0034	0.2290	0.0172	0.0075	0.4940
N	0.0033	0.1145	0.0039	0.0017	0.2470
O	0.0007	0.1145	0.0490	0.0046	0.2964
P	0.0008	0.2290	0.0042	0.0004	0.4940
Q	0.0004	0.2290	0.0265	0.0015	0.4940

جدول(8) ترتيب أفضلية البدائل لطريقة WSM

رمز البديل	الوزن التفضيلي لكل بديل
J	0.9321
E	0.8090
K	0.7716
I	0.7702
D	0.7635
F	0.7605
Q	0.7514
M	0.7511
P	0.7284
G	0.7155
B	0.6932
A	0.6507
H	0.6300
L	0.6191
C	0.5579
O	0.4652
N	0.3704

و) طريقة *TOPSIS*

تستخدم هذه الطريقة التطبيع الاتجاهي وترتكز في الحل على إيجاد المسافة المثالية من الحل الإيجابي والقرب منه ومحاولة البعد عن الحل السلبي. من خلال تطبيق خطوات طريقة TOPSIS، نحصل على المصفوفة المعيارية الموزونة كما هو موضح بالجدول (9). أما جدول (10) يبين الحلول الموجبة والسالبة المقابلة للمعايير الرئيسية.

جدول(9) مصفوفة القرار المعيارية الموزونة لطريقة TOPSIS

أوزان المعايير	0.076	0.229	0.098	0.103	0.494
رمز البديل	السعر	عدد أوامر الشراء	الطلب السنوي	معدل الاستخدام السنوي %	أهمية القطعة %
A	0.0032	0.0334	0.0153	0.0088	0.1310
B	0.0568	0.0668	0.0025	0.0252	0.0917
C	0.0157	0.0334	0.0025	0.0131	0.1048
D	0.0031	0.0334	0.0613	0.0346	0.1310
E	0.0088	0.0668	0.0184	0.0294	0.1310
F	0.0091	0.0668	0.0061	0.0101	0.1310
G	0.0372	0.0668	0.0077	0.0516	0.0917
H	0.0076	0.0334	0.0031	0.0042	0.1310
I	0.0134	0.0668	0.0055	0.0134	0.1310
J	0.0061	0.0668	0.0613	0.0675	0.1310
K	0.0210	0.0668	0.0028	0.0105	0.1310
L	0.0026	0.0334	0.0031	0.0015	0.1310
M	0.0025	0.0668	0.0107	0.0049	0.1310
N	0.0025	0.0334	0.0025	0.0011	0.0655
O	0.0005	0.0334	0.0306	0.0030	0.0786
P	0.0006	0.0668	0.0026	0.0003	0.1310
Q	0.0003	0.0668	0.0165	0.0010	0.1310

جدول(10) الحل الأمثل الموجب والسالب لطريقة TOPSIS

الحل الأمثل	السعر	عدد أوامر الشراء	الطلب السنوي	معدل الاستخدام السنوي	أهمية القطعة
A^+	0.0568	0.0668	0.0613	0.0675	0.1310
A^-	0.0003	0.0334	0.0025	0.0003	0.0655

الانحرافات الموجبة والسالبة للبدائل عن الحل المثالي الموجب والسالب موضحة بالجدول (11)، ويتم حسابها كما يلي:

$$S^+ = \sqrt{(0.0032-0.0568)^2+(0.0334-0.0668)^2+(0.0153-0.0163)^2 + (0.0088-0.0675)^2+(0.1310-0.1310)^2}$$

=0.097

$$S^- = \sqrt{(0.0032-0.0003)^2+(0.0334-0.034)^2+(0.0153-0.0025)^2 + (0.0088-0.0003)^2+(0.1310-0.0665)^2}$$

=0.0673

أما جدول (12) يبين الترتيب النهائي للبدائل أو عناصر المخزون لطريقة TOPSIS، حيث يلاحظ البديل J تحصل على أعلى أهمية، بينما البديل N هو الأقل اهمية من بين السبعة عشر بديلا.

جدول (11) الانحرافات الموجبة والانحرافات السالبة لطريقة TOPSIS

رمز البديل	الانحرافات الموجبة S_i^+	الانحرافات السالبة S_i^-
A	0.0977	0.0673
B	0.0824	0.0749
C	0.0995	0.0441
D	0.0713	0.0945
E	0.0748	0.0811
F	0.0928	0.0748
G	0.0711	0.0763
H	0.1045	0.0660
I	0.0890	0.0759
J	0.0507	0.1158
K	0.0892	0.0771
L	0.1086	0.0656
M	0.0971	0.0742
N	0.1274	0.0023
O	0.1102	0.0311
P	0.1055	0.0735
Q	0.0981	0.0748

جدول (12): الترتيب النهائي لعناصر المخزون لطريقة TOPSIS

رمز البديل	ترتيب القيم حسب الأفضلية
J	0.6955
D	0.5700
E	0.5202
G	0.5177
B	0.4762
K	0.4636
I	0.4602
F	0.4462
M	0.4330
Q	0.4328
P	0.4108
A	0.4080
H	0.3871
L	0.3764
C	0.3071
O	0.2203
N	0.0180

ز) طريقة *VIKOR*

تصنف طريقة VIKOR بأنها إحدى طرق التحليل متعدد المعايير والتي تنتمي إلى نفس مجموعة تحليل TOPSIS، حيث تتشابه معها في محاولة الوصول إلى الحل الأمثل، ولكن يجدر القول بأن طريقة VIKOR تستخدم التطبيع الخطي، عكس طريقة TOPSIS التي تستخدم التطبيع الاتجاهي، حيث يكْمن الاختلاف في طرق الحل بالنسبة للخوارزميات المستخدمة في المقارنة بينهما. من خلال تطبيق خطوات الحل لطريقة VIKOR نتحصل على مصفوفة التطبيع الموزونة الموضحة بالجدول (13).

يتم حساب عناصرها بضرب عناصر مصفوفة التطبيع في وزن كل معيار (w_j)، كما يلي:

$$V_{ij} = 0.9494 \times 0.076 = 0.0722$$

جدول (13) مصفوفة التطبيع الموزونة لطريقة VIKOR

رمز البديل	السعر r_{ij}	عدد أوامر الشراء r_{ij}	الطلب السنوي r_{ij}	معدل الاستخدام السنوي r_{ij}	أهمية القطعة r_{ij}
A	0.0722	0.2290	0.0766	0.0899	0
B	0	0	0.0980	0.0648	0.2964
C	0.0553	0.2290	0.0944	0.0834	0.1976
D	0.0722	0.2290	0	0.0504	0
E	0.0646	0	0.0715	0.0584	0
F	0.0641	0	0.0919	0.0879	0
G	0.0264	0	0.0893	0.0244	0.2964
H	0.0662	0.2290	0.0970	0.0970	0
I	0.0584	0	0.0929	0.0829	0
J	0.0682	0	0	0	0
K	0.0482	0	0.0975	0.0873	0
L	0.0729	0.2290	0.0970	0.1012	0
M	0.0730	0	0.0842	0.0959	0
N	0.0731	0.2290	0.0980	0.1017	0.4940
O	0.0757	0.2290	0.0510	0.0988	0.3952
P	0.0756	0	0.0977	0.1030	0
Q	0.0760	0	0.0745	0.1020	0

نتائج قيم R_i، S_i يتم الحصول عليها بتطبيق المعادلتين (20)، (21)، وهي موضحة بالجدول (14)، فمثلا قيمة Si للبديل A يتم حسابها كالآتي:

$$S_i = 0.0722+0.2290+0.0766+0.0899+0=0.4676$$

كذلك لإيجاد قيمة R_i للبديل A نقوم باختيار أكبر قيمة من بين قيم البديل A بالنسبة للمعايير الخمسة بالجدول (13)، وبالتالي نجد أن R_i =0.2290 هي أكبر قيمة من بين القيم الصف الأول بالجدول.

جدول (14): نتائج قيم S_i و R_i لطريقة VIKOR

رمز البديل	S_i	R_i
A	0.4676	0.2290
B	0.4592	0.2964
C	0.6598	0.2290
D	0.3516	0.2290
E	0.1945	0.0715
F	0.2439	0.0919
G	0.4365	0.2964
H	0.4892	0.2290
I	0.2342	0.0929
J	0.0682	0.0682
K	0.2330	0.0975
L	0.5001	0.2290
M	0.2531	0.0959
N	0.9958	0.4940
O	0.8498	0.3952
P	0.2764	0.1030
Q	0.2525	0.1020

الخطوة التالية حساب قيم Q_i لكل بديل، حيث تحدد قيم Q_i وفقًا لمعايير التقييم باستخدام المعادلة (22). ولأننا نريد إيجاد نتائج قيم Q_i التي تشير إلى الحل الوسط، نقوم بالتعويض بالقيمة β=0.5، وبتطبيق المعادلة السابقة نتحصل على قيمة Q_i للخانة الأولى للبديل A الموضحة بالجدول (15)، حيث تم ترتيب البدائل في الجدول تصاعديا.

$$Q_i = 0.5\ \frac{(0.4676 - 0.0682)}{(0.9958 - 0.0682)} + (1 - 0.5)\ \frac{(0.2290 - 0.0682)}{(0.4940 - 0.0682)}$$

= 0.4041

جدول (15) ترتيب البدائل تصاعدياً لطريقة VIKOR

رمز البديل	Q_i
J	0
E	0.0718
I	0.1184
F	0.1224
K	0.1231
M	0.1321
Q	0.1389
P	0.153
D	0.3415
A	0.4041
H	0.4157
L	0.4216
G	0.4665
B	0.4787
C	0.5076
O	0.8053
N	1

للتحقق من خاصية قبول الحل بحيث يتحقق الشرط الأول C_1 وأيضا خاصية استقرار الحل من خلال تحقق الشرط الثاني C_2. يتم ذلك بتطبيق المعادلتين (24)، (25)، وكما يلي:

التأكد من تحقق الشرط C_1 في المعادلة التالية:

$$Q(A_2) - Q(A_1) \geq DQ$$

حيث DQ تعطي بالمعادلة التالية:

$$DQ = \frac{1}{1-m} = \frac{1}{1-17} = 0.0625$$

وبالتطبيق في المعادلة السابقة نجد أن:

$$0.0718 - 0 \geq 0.0625$$

نلاحظ تحقق الشرط C_1، ومن خلال تحقق هذا الشرط يتضح لدينا خاصية الاستقرار في الحل عند اختيار البديل الأول J. التأكد من تحقق الشرط C_2 عن طريق مقارنة ترتيب قيم Q_i المتحصل عليها مع ترتيب قيم S_i، R_i، والجدول(16) يوضح ذلك. من خلال جدول (16) نلاحظ تطابق ترتيب البديل J في كلا من S_i و R_i مع Q_i، وبالتالي تحقق الشرط الثاني بالنسبة للبديل J، يمكن أيضا ملاحظة تطابق الشرط أيضًا بالنسبة للبديل الثاني E، كذلك نجد أيضًا بعض الاختلاف في الترتيب لبعض البدائل الأخرى بالنسبة للشرط الثاني، حيث يرجع سبب هذا الاختلاف نتيجة لتعدد الحلول المثلى المتحصل عليها عند التعويض باستخدام المعامل β بالقيم (0، 0.25، 0.50، 0.75، 1).

جدول(16) ترتيب البدائل حسب قيم S_i، R_i، Q_i

ترتيب البديل	R_i	ترتيب البديل	S_i	ترتيب البديل	Q_i
J	0.0682	J	0.0682	J	0
E	0.0715	E	0.1945	E	0.0718
F	0.0919	K	0.2330	I	0.1184
I	0.0929	I	0.2342	F	0.1224
M	0.0959	F	0.2439	K	0.1231
K	0.0975	Q	0.2525	M	0.1321
Q	0.1020	M	0.2531	Q	0.1389
P	0.1030	P	0.2764	P	0.153
A	0.2290	D	0.3516	D	0.3415
C	0.2290	G	0.4365	A	0.4041
D	0.2290	B	0.4592	H	0.4157
H	0.2290	A	0.4676	L	0.4216
L	0.2290	H	0.4892	G	0.4665
B	0.2964	L	0.5001	B	0.4787
G	0.2964	C	0.6598	C	0.5076
O	0.3952	O	0.8498	O	0.8053
N	0.4940	N	0.9958	N	1

6. مناقشة النتائج

من خلال النتائج المتحصل عليها وفي محاولة لتحسين الخيارات المتاحة في اتخاذ القرارات المتعلقة بتصنيف أهم عناصر المخزون عن طريق تحديد أهم العوامل التي تتحكم في تحديد هذه الأهمية، تم تحديد خمسة معايير رئيسية لتصنيف بعض من عناصر المخزون بشركة البريقة لتسويق النفط، وحُددت أوزان المعايير الرئيسية بواسطة مصفوفة المقارنات الزوجية بطريقة AHP، وكان ترتيبها من الأكبر نسبة إلى الأصغر هي كالتالي: أهمية القطعة، عدد أوامر الشراء، معدل الاستخدام السنوي، الطلب السنوي، السعر. من الملاحظ خلال هذا التحليل تحصل معيار أهمية القطعة على أكبر نسبة مئوية من مجموع الأوزان الكلية، وبنسبة مئوية 49.4%. يرجع السبب في ارتفاع هذا المعيار نتيجة لأهميته عند التقييم ووضع الأوزان من قبل الخبراء والذي يتبين من خلاله التصنيف بأفضلية وجود قطع من المخزون دون غيرها في مخازن الشركة والواجب توفرها للاستمرار في دورة الإنتاج ودون توقفها. كما تحصل المعيار السعر على أقل نسبة مئوية من بين جميع المعايير المستهدفة في الدراسة، حيث تحصل على نسبة تساوي 7.6%، مما يدل على ضعف هذا المعيار في التصنيف لقطع المخزون أمام بقية المعايير. عند مقارنة تحليل ABC المتعارف علية والمستخدم بكثرة في أغلب نظم إدارة المخزون مع تحليل أصناف المخزون باستخدام التحليل متعدد المعايير، نجد أن تحليلABC يعتمد أساساً على معيار السعر ونسبة الاستخدام، عكس ما توصلنا إلية في هذه الدراسة باستعمال التحليل متعدد المعايير وهو تفوق معيار الأهمية وعدد أوامر الشراء على معياري السعر ونسبة الاستخدام وهو ما يعطي الأفضلية لهذا التحليل لأنه يأخذ بالاعتبار عدة معايير في آن واحد وبدون إهمال أي منها. من خلال استخدام أوزان المعايير المتحصل عليها بطريقة التحليل الهرمي وبتطبيق طرق WSM وTOPSIS وVIKOR للمفاضلة بين البدائل المختلفة والتي يصل عددها إلى 17 عنصراً، تم التوصل في النهاية لترتيب البدائل المختلفة حسب أهميتها من الأعلى أهمية إلى الأقل أهمية كما هو موضح بالجدول (17)، حيث تحصل الصنف J على أعلى قيمية من بين البدائل المختلفة، بينما تحصل البديل N على أقل قيمة من بين جميع البدائل في كل من WSM وTOPSIS وVIKOR. من خلال هذه النتائج نجد دلالة واضحة على التشابه الكبير في الاقتراب من الحل المثالي بين كل هذه الطرق، ويوضح الجدول (17) ملخص النتائج للطرق الثلاث وبيان التشابه بينهم في ترتيب بعض من البدائل. كذلك يجدر القول أن لكل طريقة من طرق التحليل متعدد المعايير خصوصية في أفضلية تحديد البدائل واختيار العوامل الخاصة بها، حيث لا يمكن الجزم بأفضلية ودقة طريقة على أخرى، بسبب عدم وجود طريقة مرجعية تحدد النتائج المراد أو الواجب الوصول إليها.

هذه الدراسة قدمت منهجية علمية لتصنيف المخزون وفق معايير متعددة ومحددة. الدراسة صنفت سبعة عشرة بديلا كحالة دراسية، والنماذج التي تم بنائها بطرق WSM وTOPSIS وVIKOR قابله لتصنيف أي عدد من البدائل المتاحة بسهولة، وبالتالي يمكن لشركة البريقة أو أي شركة أخرى الاستفادة منها والاعتماد عليها في عملية التصنيف لعناصر المخزون، الأمر الذي ينتج عنه تحسين فاعلية إدارة المخزون من حيث توفير الوقت والجهد والمال.

جدول (17) نتائج الطرق الثلاثة

تطابق الحل	VIKOR	TOPSIS	WSM
*	J	J	J
	E	D	E
	I	E	K
	F	G	I
	K	B	D
	M	K	F
	Q	I	Q
	P	F	M
	D	M	P
	A	Q	G
	H	P	B
	L	A	A
	G	H	H
	B	L	L
*	C	C	C
*	O	O	O
*	N	N	N

7. الخلاصة

هدفت الدراسة إلى تصنيف عناصر المخزون باستخدام التحليل متعدد المعايير من خلال دراسة حالة على مخزن شركة البريقة لتسويق النفط. شملت المعايير الرئيسية للدراسة على خمسة معايير رئيسية: السعر، وعدد أوامر الشراء، والطلب السنوي، ومعدل الاستخدام السنوي، وأهمية القطعة. تم تحديد الأوزان الرئيسية للمعايير الخمسة من خلال المقارنات الثنائية باستخدام أسلوب AHP، ومن ثم استخدمت هذه الأوزان كمدخلات لطرق WSM وTOPSIS وVIKOR. بعد ذلك تم بناء النماذج لكل من طرق WSM وTOPSIS وVIKOR وأُستخدِم برنامج الماتلاب لحل النماذج الرياضية لتصنيف عناصر المخزون. بينت نتائج الدراسة أن معيار أهمية القطعة حاز على أعلى نسبة 49.4% من بين المعايير الرئيسية الخمسة. كذلك أظهرت النتائج فاعلية كل الطرق على تصنيف عناصر المخزون وفق المعايير المحددة، حيث تم تصنيف البديل J في كل الطرق على أنه العنصر الأكثر أهمية، والبديل N العنصر الأقل أهمية من بين مجموعة العناصر البالغة سبعة عشر عنصرًا.

8. المراجع

[1] باسي عبد الفتاح، "دور إدارة المخزون في زيادة تنافسية المؤسسة"، رسالة ماجستير، كلية العلوم الاقتصادية و التجارية و علوم التسيير، جامعة قاصدي مرباح ورقلة، الجزائر، 2018م.

[2] Melda Kokoç, Süleyman Ersöz, “Comparison of AHP-TOPSIS and AHP-VIKOR Methods in Product Selection in terms of Inventory Management”, Uluslararası Mühendislik, International Journal of Engineering Research and Development, Volume: 11, Issue: 1, PP: 163-172, 2019.

[3] هاشم نايف هاشم، "استخدام نماذج (Q) و (P) للرقابة على المخزون"، دراسة تطبيقية في شركة أوسكار لاستيراد وتوزيع الألبسة الرجالية الجاهزة في البصرة، مجلة التقني، المجلد: 22 ، العدد: 5، الصفحات: 110-122، 2009م.

[4] عبدالله باسم جاسم، "الاستراتيجية المثلى لإدارة المخزون الضبابي"، دراسة بحثية في شركة بغداد للمشروبات الغازية، مجلة العلوم الاقتصادية والإدارية، المجلد: 23، العدد: 101، الصفحات: 72-98، 2016م.

[5] حامد سعد الشمرتي، غسق محمد عبد، " بناء انموذج السيطرة على الخزين في ظل ضبابية الطلب وفترة الانتظار مع تطبيق عملي"، مجلة الإدارة والاقتصاد، العدد: 114، الصفحات: 310-320، 2018م.

[6] أحمد ابراهيم حسين، "دور تحديد الكمية الاقتصادية للطلب في تقليل التكاليف الكلية للخزين"، حالة دراسية في معهد الإدارة التقني، بغداد، مجلة الاقتصاد والعلوم الإدارية، المجلد: 25، العدد: 111، الصفحات: 398-412، 2019م.

[7] علي يسن الإمام، " دراسة مقارنة بين نموذج مخزون الأمان الثابت والمحاكاة لاتزان مستوى المخزون"، حالة دراسية لبيانات أدوية مرض الملاريا بولاية شمال كردفان (2013-2016) بحث دكتوراه، جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا، كلية الدراسات العليا، 2019م.

[8] فؤاد حمودي العطار، محمود فهد الدليمي، أمجد حميد مجيد، "تحقيق الأمثلية في إدارة المخزون باستخدام أسلوب المحاكاة (استخدام الأسلوب الكمي في شركة الواحة للمشروبات الغازية دراسة تحليلية "، مجلة كلية الإدارة والاقتصاد للدراسات الاقتصادية، المجلد: 12، العدد: 4، الصفحات: 263-294، 2020م..

[9] الصديق علي مليطان، "تحديد الكمية المثلى لمشكلة المخزون باستخدام طريقة PSO"، رسالة ماجستير، كلية التقنية الصناعية ، مصراتة، ليبيا، 2020م.

[10] عيسى حجاب، "مساهمة لتحديد متغيرات القرار المتعلق بالمخزون الأمثل لاستخدام بحوث العمليات في المؤسسة الاقتصادية الجزائرية"، حالة دراسية من مؤسسات مطاحن القمح للفترة (2010-2012)، بحث دكتوراه، جامعة محمد خيضر، كلية العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التيسير، بسكرة، الجزائر، 2015م.

[11] مجبل رفيق مرجان، "تحسين الكفاءة باستخدام تحليلي ABC و XYZ في الشركة العامة للصناعات النسيجية- حلة"، مجلة التقني، المجلد: 18، العدد: 4، الصفحات: 30-46، 2005م.

[12] زينب شلال، "بناء نظام تصنيف ABC في مخازن الشركة العامة للموانئ العراقية"، مجلة دراسات إدارية، المجلد: 3، العدد: 5، الصفحات: 98-115، 2009م.

[13] طالم فتيحة، "تطبيق تقنيات نماذج المخزون في مؤسسه إنتاجية"، حالة دراسية لمناجم الباريت وحدة بوقايد SO.MI.BAR ، رسالة ماجستير، جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم، الجزائر، 2014م.

[14] Erkan Kiyak, Oğuz Han Timuş, Mehmet Karayel," *Inventory Classification With ABC Analysis*", Journal of Naval Science and Engineering, Volume: 11, Issue 2, PP: 11-24, 2015.

[15] Mudassar Rauf, Zailin Guan, Shoaib Sarfraz, Jabir Mumtaz, Sulaiman Almaiman, Essam Shehab and Mirza Jahanzaib, "*Multi-Criteria Inventory Classification Based on Multi-Criteria Decision-Making (MCDM) Technique*", Advances in Manufacturing Technology XXXII, PP: 343-348, 2018.

[16] Dodi Siregar, Heri Nurdiyanto, S Sriadhi, Diana Suita, Ummul Khair, Robbi Rahim, Darmawan Napitupulu, Achmad Fauzi, Abdurrozzaq Hasibuan, M Mesran and Andysah Putera Utama Siahaan," *Multi-Attribute Decision Making with VIKOR Method for Any Purpose Decision*", Journal of Physics Conference Series:1019 ,2018.

[17] Luis Ferreira, Isabela Maganha, Vaness Magalhaes, Mauro Ameida," A Multicriteria Decisison Framework for the management of Maintenance Spares – A Case Study", Science Direct, IFAC PapersOnLine: 51-11, PP: 531–537, 2018.

[18] Bivash Mallick, Sourav Das, Bijan Sarkar and Santanu Das*," Application of the modified similarity-based method for multi-criteria inventory classification"*, Decision Science Letters 8, PP: 455–470, 2019.

[19] مجيد جعفر الكرخي، "تخطيط وتقويم البرامج"، الطبعة الأولى، دار المناهج للنشر والتوزيع، عمان، الأردن 2014م

[20] محمد ناصر، يونس عواد، رعد الصرن، بسام التزه، "إدارة العمليات"، منشورات جامعة دمشق، كلية الاقتصاد، 2012م.

[21] محمد الصيرفي، "استراتيجيات التخزين"، المكتب العربي للمعارف، القاهرة، مصر، 2009م.

[22] خضير كاظم حمود، هايل يعقوب فاخوري ، "إدارة الانتاج والعمليات"، الطبعة الأولى، دار صفاء للنشر والتوزيع، عمان، الأردن، 2009م.

[23] An Application Of XYZ Analysis In Company Stock Management, Irena Nowotynska, Volume:18 , PP:77-86, 2013.

[24] حسام أحمد أبووطفه، "استخدام عملية التحليل الهرمي في تحديد أولويات القطاع الصناعي في فلسطين من أجل تحقيق التنمية المستدامة"، رسالة ماجستير، الجامعة الاسلامية غزة، كلية التجارة، قسم اقتصاديات التنمية، غزة، فلسطين، 2014م.

[25] موسليم حسين، "التحليل المتعدد المعايير أداة فعالة في اتخاذ القرارات الإدارية"، المجلة الجزائرية للاقتصاد و الإدارة، المجلد: 5، العدد: 1، الصفحات: 40-49، 2014م.

[26] أسماء أبو الحجاج أحمد علي، حاتم محمود فتحي، عبد المطلب محمد علي، "نظام دعم قرار متعدد المعايير لتقييم التوزيع المستدام للخدمات الصحية بصعيد مصر باستخدام نموذج التحليل الهرمي (AHP)"، مجلة العلوم الهندسية، كلية الهندسة، جامعة أسيوط، المجلد: 44، العدد: 2، الصفحات: 243-226، 2016م.

[27] سالم محمد عيسى، "اختيار الموردين في الشركات الصناعية باستخدام التحليل الهرمي AHP"، حالة دراسية في الشركة الأهلية للإسمنت المساهمة -رسالة ماجستير، الأكاديمية الليبية فرع مصراتة- قسم إدارة المشاريع، 2018م.

[28] بن عامر عبد الكريم، "التحليل متعدد المعايير كدعامة استراتيجية لعملية اتخاذ القرار الاستثماري في المؤسسة الصناعية "تطبيق طريقة TOPSIS"، مجلة المشكاة في الاقتصاد، التنمية والقانون، العدد:1، 2016م.

[29] موقع شركة البريقة http://www.berag.ly.

[30] مجلة شركة البريقة، العدد 10، شهر 4، 2014م.